

MADDENİN TANECİKLİ YAPISI İLE İLGİLİ İKİ AŞAMALI TANILAYICI SORULARIN ONTOLOJİ TEMELİNDE GELİŞTİRİLMESİ

Dilek ÖZALP*

Ajda KAHVECİ**

Özet

Maddenin tanecikli yapısı konusunda, ontolojik kategorilerin kuramsal çerçeve olarak kullanıldığı, iki aşamalı soruların geliştirilmesi bu çalışmanın amacını oluşturmuştur. Araştırmanın odağında özellikle, 1) soruların geliştirilmesi sürecinde yapılan pilot uygulamada öğrencilerden dönüt alma, 2) dönütlerde görülen, konu ile ilgili öğrenci düşünce biçimlerini anlama, 3) kavram yanılgılarının ontolojik temelini tanılama, yer almıştır. Ortaöğretim ders programıyla bağlantılı olarak 15 tane iki aşamalı tanılayıcı soru hazırlanmıştır. Kapsam geçerliliğini sağlamak için uzman görüşlerine göre test maddelerinde düzeltmeler yapılmıştır. Soruları güçlendirmek ve elde edilecek sonuçların geçerliliğini sağlamak amacıyla öğrenci dönütlerini almak üzere 2007-2008 öğretim yılının ikinci döneminde, İstanbul'da bir ilköğretim okulu ve bir dershanede bulunan toplam 178 öğrenciyle soruların pilot uygulaması yapılmıştır. Pilot uygulamada öğrencilere her bir soruyla ilgili 14 dönüt sorusu sorulmuştur. Pilot uygulamadan sonra öğrencilerden alınan dönütlere göre sorular düzeltilmiş ve iyileştirilmiştir. Anamlı öğrenme için iki aşamalı tanılayıcı sorular kadar bu soruların kapsam geçerliliğinin etkin bir biçimde sağlandığı geliştirme süreci de önemlidir.

Anahtar Sözcükler: maddenin tanecikli yapısı, ontoloji, kavram yanılgıları, iki aşamalı tanılayıcı sorular

Giriş

Kavram Yanılgıları

Öğrenciler okul sıralarına günlük yaşantıdaki deneyimlerinden öğrendikleri bazı kavramlarla gelmektedirler. Günlük yaşantılardaki deneyimlerle edinilen kavramlar bilimsel olarak okul derslerinde tekrar karşısına çıkabilmektedir. Eğer öğrenciler bu kavramları doğru olarak anlamlandırdıysalar öğretim sırasında zorluk yaşamadan öğrenme gerçekleşebilir. Ancak bu kavramlar tam olarak anlaşılmadı ya da yanlış anlaşılırsa, öğrencilerin kavramların bilimsel açılımlarını anlamamalarından dolayı kavram yanılgıları oluşabilir. Kavram yanılgıları, günlük yaşantıda edinilen bilgilerin tam anlaşılmasından dolayı oluşmasının yanı sıra, öğretimden de kaynak-

* Öğr.Gör., University of South Florida, Eğitim Fakültesi Ortaöğretim Bölümü, Fen Eğitimi Programı

** Doç.Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Kimya Eğitimi Anabilim Dalı (iletişim yazarı)

lanabilir. Bunların yanında fen bilimlerindeki kavramların genellikle soyut olmaları nedeniyle, öğrenciler bu kavramları tam olarak anlayamamakta ve kavram yanlışları açığa çıkmaktadır. Kavram yanlışları, öğrencilerin hem bu kavramları, hem de bu kavramlarla ilişkisi bulunan diğer kavramları öğrenmelerini engellemekte veya geciktirmektedir.

Kavram yanlışlarının bu derece önemli olması araştırmacıların da dikkatini çekmiş ve farklı alanlarda çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Yapılan bu araştırmalar sonucunda, öğrencilerin pek çok kavram yanlışısına sahip oldukları görülmüştür. Bu araştırmaların yapıldığı alanlardan biri de kimya biliminin önemli bir bölümünü oluşturan madde ve tanecikli yapısıdır. Maddenin tanecikli yapısı kimyanın en temel konularından biridir, bu nedenle bu konudaki kavram yanlışları birçok eğitim araştırmacısı tarafından araştırılmıştır. Yapılan araştırmalarda öğrencilerde maddenin tanecikli yapısıyla ilgili birçok kavram yanlışısı bulunmuştur. Örneğin bazı öğrenciler katı bir madde erirken onun moleküllerinin de eriyeceğini (Boz, 2006, 212), su ısıtılırsa moleküllerinin geleceğini (Griffiths ve Preston, 1992, 616; Kind, 2004, 13; Kokkotas, Vlachos ve Koulaidis, 1998, 298; Stepans, 2003, 21; Lee vd., 1993, 263), moleküllerin buharlaştığını (Kokkotas, Vlachos ve Koulaidis, 1998, 298), moleküllerin donduğunu (Lee vd. 1993, 261), altın atomunun aynı altın gibi sert ve parlak olduğunu (Stepans, 2003, 21) düşünmeleri, öğrencilerdeki madde ve tanecikli yapı ile ilgili kavram yanlışlarıdır. Bazı öğrenciler ise tanecikler arasındaki boşluğun varlığını kabul etmemektedirler. Boşluğun varlığını kabul edenler, bu boşluğu başka bir madde ile zihinlerinde doldurma eğilimi göstermektedirler. Öğrenciler bu boşluğun içerisinde hava, kir, sıvı madde veya bilinmeyen gazların olduğunu düşünmektedirler (Kind, 2004, 11). Bazı öğrencilerin ise bu boşluk içerisinde aynı maddenin olacağını düşündükleri görülmüştür. Örneğin hava moleküllerinin arasında hava, su moleküllerinin arasında su bulunduğuna dair açıklamalar, öğrenciler tarafından yapılmıştır (Lee vd. 1993, 257). Aslında öğrenciler gördükleri şeylere odaklanmakta ve taneciklerin arasının boş olduğunu düşünmekte zorluk çekmektedirler (Kind, 2004, 11). Diğer bir ifadeyle katı ve sıvı bir maddeye baktıklarında boşluk göremedikleri için taneciklerin arasında boşluk olduğunu düşünememektedirler.

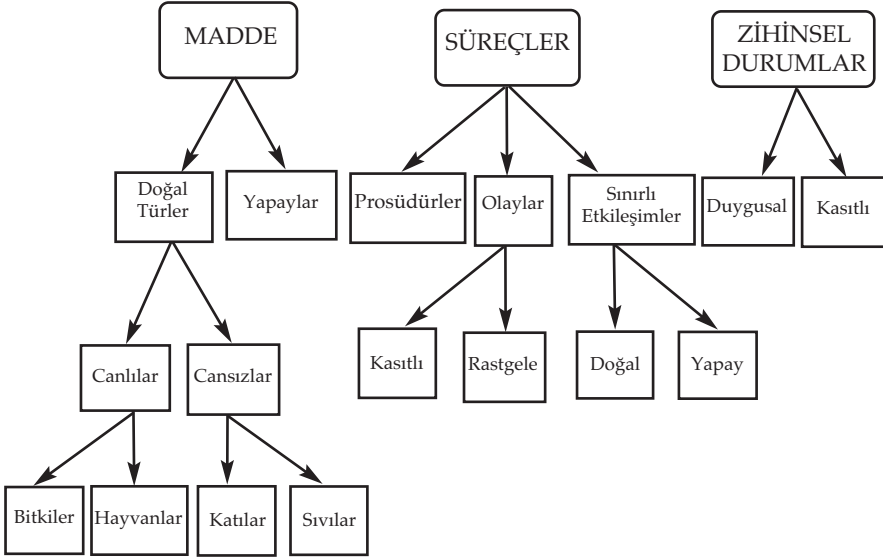
Ontoloji

Ontoloji terimi Aristo zamanlarına kadar uzanır (Chi ve Hausmann, 2003, 3). Ontoloji, varlık bilimidir. Varlıklar ve varlıkların ait olduğu temel kategorilerle ilgilenir (Wikipedia, 2010). Diğer bir ifadeyle ontoloji gerçeğin kategorik yapısına karşılık gelir. Aristoteles zamanlarından beri her şeyin temel olarak farklı kategorilere ait olduğu düşünülmüştür (Chi ve Hausmann 2003, 3). Bu kategorilere ontolojik kategoriler denir. Bu görüşe göre, dünyadaki tüm varlıklar üç temel ontolojik kategori içine alınabilir. Bu kategoriler, 'madde (matter)', 'süreçler (processes)' ve 'zihinsel durumlar (mental states)' şeklindedir (Şekil 1) (Chi vd, 1994, 28; Johnston ve Southerland, 2000, 4). Ontolojik kategorilerin gerçekliği, onların ontolojik özellikleri ile tanımlanabilir (Chi ve Hausmann, 2003, 4).

Ontolojik özellik, bir varlığın yer aldığı ontolojik kategori sonucu sahip olma potansiyelini taşıdığı özelliktir (Chi, 1997, 217; Chi vd., 1994, 29). Diğer bir ifadeyle bir ontolojik kategoriye ait üyelerin sahip oldukları özelliktir (Chi ve Slotta, 1993, 252; Chi ve Hausmann, 2003, 5; Chi, 1997, 217). Üye, bir ontolojik kategoriye örnek olarak verilebilecek kavramlardır. Örneğin masa, sandalye madde kategorisinin ya da elektrik, ısı, kimyasal bağ kavramları süreç kategorisinin üyeleridir. 'Madde (matter)' kategorisi hacim, kütle, renk gibi bazı ontolojik özelliklere sahiptir (Chi ve Hausmann, 2003, 4; Chi, vd., 1994, 29). Hacim, kütle, renk gibi özellikler 'madde (matter)' kategorisinin üyelerin sahip olabilecekleri temel özellik çeşitleridir (Chi ve Hausmann, 2003, 4). Örneğin renk özelliğini ele alırsak bir sincap renk özelliğine sahiptir, yani renkli olabilir. Savaş kavramı ise 'süreçler (processes)' kategorisinin bir alt kategorisi olan 'olaylar (events)' kategorisine aittir. Bu nedenle savaş kavramı renk özelliğine sahip olmaz. 'Olaylar (events)' alt kategorisi kendi üyelerinin sahip oldukları bir zaman diliminde meydana gelme, başlangıcı ve sonu olma gibi başka ontolojik özelliklere sahiptir (Chi vd., 1994, 29).

Ontolojik Kategoriler

Ontolojik kategoriler birbirlerinden farklı olduğu gibi alt kategoriler de birbirlerinden farklıdır çünkü her kategori ontolojik olarak birbirinden farklılık göstermektedir. Örneğin 'madde' kategorisinin alt kategorileri 'süreçler' kategorisinin alt kategorilerinden ontolojik açıdan farklılık göstermektedir (Chi vd., 1994, 29).



Şekil 1. Dünyadaki varlıkların bulunabileceği üç ontolojik kategori ve alt kategorileri

Madde kategorisi: Madde kategorisinde bulunan kavramlar kütle, hacim, depolanabilme, biriktirilebilme gibi ontolojik özelliklere sahiptir. Öğrenciler de bu özelliklerle daha kolay etkileşime girdikleri için bu kategori onların en kolay kavram-sallaştırdıkları kategoridir (Johnston ve Southerland, 2000, 5). Madde kategorisinde yer alan kavramlara kalem, ağaç, kapı vb. örnekler verilebilir. Madde kategorisi ikiye ayrılır. Bunlar 'doğal türler (natural kind)' ve 'yapaylar (artifacts)'dır (Chi, 1997, 216).

Süreçler (Processes) kategorisi: Süreç kategorisindeki kavramlar bir şeylerin ne olduğundan ziyade ne yapıldığını ifade eden kavramlardır. Bir sürecin fiziksel özelliği tanımlanamaz. Örneğin okuma, yazma, düşünme gibi kavramlar süreç kategorisi içinde yer alır (Johnston ve Southerland, 2000, 5). Mesela süreç kategorisindeki kavramların (okuma, yazma) rengi, kütlesi, hacmi yoktur. Yani madde kategorisinden farklılık göstermektedir.

Süreçler kategorisi üçe ayrılır. Bunlar 'prosedürler (procedures)', 'olaylar (events)' ve 'sınırlı etkileşimler (constraint-based interactions)' alt kategorileridir. 'Olaylar (events)' alt kategorisine ait üyelerin ontolojik özellikleri arasında bir başlangıç, sonun ve sebebin olması sayılabilir. Örneğin bir basketbol karşılaşmasının başlangıcı ve sonu bellidir ve belli olgularla ayırt edilebilir (örn., hakemin düdüğü çalması). 'Prosedürler (procedures)' alt kategorisinin özellikleri arasında "yapılabilirlik" ve "belli bir sıralamanın olması" yer alır. Prosedürler, belli bir amaç doğrultusunda belli bir sıralama takip edilerek bulunan eylemlerin toplamıdır ve bu eylemlerin sonucunda bir ürün ortaya çıkar (örn., ayakkabı bağı bağlama, yemek yapma). Süreçler kategorisinin alt kategorileri arasında öğretim açısından en önemli olan kate-

gori sınırlı etkileşimler kategorisidir. Birçok bilimsel kavram sınırlı etkileşimler kategorisinde bulunmaktadır (Chi vd., 1994, 31). Bu tür kavramlarla fizik ve biyolojide sıkça karşılaşmaktadır. Isı, ışık, kuvvet, akım, elektrik, doğal seleksiyon (seçim), difüzyon gibi kavramlar sınırlı etkileşimler kategorisinde bulunan kavramlara örnek olarak verilebilir. (Chi, 1997, 225). Ayrıca öğrencilerin kavram yanlışlarının en fazla olduğu kategori de bu kategoridir.

Zihinsel durumlar kategorisi: Zihinsel durumlar kategorisi duygular ve istekler ile ilgili kavramların bulunduğu kategoridir. Örneğin rüya, istek ve korku bu kategoride bulunan kavramlardır. Yine benzer olarak "doğru" ve "x ile ilgilidir" gibi ifadeler de bu kategoriye alınabilecek ifadelerdir (Chi vd., 1994, 29).

Kavram Yanlışlarının Ontolojik Nedenleri

Chi ve Hausmann (2003)'a göre bütün kavramlar ve fikirler bir ontolojik kategoriye aittir. Kavram terimi bir kategori örneğini ifade eder. Örneğin 'kedi' kavramının 'hayvanlar' kategorisine ait olması, 'fırtına' kavramının 'süreç' kategorisine ait olması ya da 'düşünce' kavramının 'zihinsel durumlar' kategorisinin bir örneği olması gibi.

Kavramlar buldukları kategorilerin içeriğiyle yorumlanır ve anlaşılır. Bir kavram bir kategoriye atandığı zaman bu kavram o kategorinin tüm özelliklerini alır. Bu perspektiften bakıldığında kavram yanlışları kavramların yanlış kategorize edilmesi sonucunda oluşur çıkarımı yapılabilir. Diğer bir ifadeyle kavram yanlışları bir kavramı yanlış ontolojik kategoriye atama sonucu oluşur (Chi ve Roscoe, 2002, 13; Johnston ve Southerland, 2000, 76).

Örneğin bir öğrencinin elektrik kavramını, süreç kategorisi yerine madde kategorisine aldığını düşünelim. Bu öğrencinin madde kategorisindeki kavramların depolanabilme özelliği taşımasından dolayı elektriğin de bataryada depolandığı düşüncesini taşıdığını söylemek mümkündür. Ayrıca bu gibi düşünen öğrenciler bir telden geçen elektrik akımını gerçek bir akım olarak düşünmektedirler. Yani sıvılar nasıl bir borudan akıyorsa elektrik akımının da bir telden o şekilde aktığını düşünmektedirler (Chi ve Roscoe, 2002, 14).

Araştırmanın Problemi ve Amacı

Türkiye'de ilköğretim 4. ve 5. sınıf öğretim programlarında öğrenciler Fen ve Teknoloji dersinde maddenin üç fiziksel halini, özelliklerini ve hal değişim olaylarını, genişleme ve büzülme gibi olayları öğrenmektedirler. Öğrenciler 6. sınıfa geldiklerinde maddenin tanecikli yapısı konusunda tanışmakta ve bu konu içerisinde maddelerin küçük, görülemez, hareketli taneciklerden oluştuğunu, bu tanecikler arasında boşlukların olduğunu, atom ve molekül kavramları ile öğrenmektedirler. Bu öğrenilenlerden yola çıkarak öğrenciler fiziksel ve kimyasal değişimlere geçiş yapmakta ve hal değişim olaylarını maddenin tanecikli yapısıyla ilişkilendirerek incelemektedirler. Yedinci sınıfta ise element-bileşik kavramlarını, karışımları ve çözünme olayını, çözeltilerin özelliklerini, kimyasal bağları ve atomun yapısını öğrenmektedirler (Milli Eğitim Bakanlığı, 2006). Dokuzuncu sınıfta öğrenciler, madde ve özelliklerini, fiziksel-kimyasal değişimleri, maddenin fiziksel hallerini ve hal değişim olaylarını, element, bileşik ve karışımların özellikleri gibi konuları yeniden görmektedirler. Böylece öğrencilerin ilköğretimde öğrendikleri konuların tekrarı yapılmakta ve bu konuların daha detaylı öğretilmesi hedeflenmektedir. Dikkat edildiğinde bu konuların etkili bir şekilde öğretilmesi maddenin tanecikli yapısı konusunun öğrenciler tarafından iyi anlaşılmasıyla mümkündür.

Ontoloji ve fen bilimleri ile ilgili araştırmalar genellikle fizik ve biyoloji alanlarında uygulanmış ve bu alanlarda çeşitli kavram yanlışları tespit edilmiştir. (Johnston ve Southerland, 2000, 7). Diğer taraftan kimya ve özellikle maddenin tanecikli yapısıyla ilgili kavram yanlışları çoktan seçmeli testler ya da mülakatlarla belirlenmeye çalışılmış ancak ontolojik yönden araştırılmamıştır. Bu nedenle bu araştırmada, öğrencilerin maddenin tanecikli yapısıyla ilgili kavram yanlışlarını anlamayı sağlayacak

soruların geliştirilmesi amaçlanmış ve geliştirme sürecinde Chi ve arkadaşlarının oluşturduğu ontolojik kategoriler kuramsal çerçeve olarak kullanılmıştır.

Araştırmanın Önemi

Pilot uygulama olan bu çalışmada ilköğretim ve ortaöğretim öğrencilerinde maddenin tanecikli yapısıyla ilgili bulunan kavram yanlışlarının açığa çıkarılması için kullanılacak, ontolojik kategorilere göre hazırlanmış iki aşamalı sorular geliştirilmiştir. Tan (2005)'e göre pilot uygulamalarda hazırlanan soruların yeterliliği incelenmelidir. Pilot uygulamanın yapılaş amacı öğrencilerin soruları nasıl algıladıklarını anlamak, sorunun amacına ulaşip ulaşmadığını ölçmek ve öğrencilerden gelen dönütlere göre sorularda gerekli değişiklikleri yaparak testin geçerlik ve güvenilirliğinin istenilen düzeye gelmesini sağlamaktır. Bu aşamada alan uzmanlarının yanı sıra asıl hedef kitlesi olan öğrencilerin de görüşlerinin alınması gerçek uygulama öncesinde oluşabilecek hataların ve eksikliklerin azaltılmasını sağlar.

Pilot uygulama ile öğrencilerden alınan dönütlere ve yorumlar, öğrencilerin konu ile ilgili ne bildikleri, soruların soruluş biçimlerini nasıl yorumladıkları, ayrıca verdikleri cevaplarının nedenlerini anlamayı sağlar. Ayrıca pilot uygulamada, öğrencilere sorulan dönüt soruları ile öğrencileri çelişkiye düşürücü bir unsurun olup olmadığı, cevabı tahmin ederek verip vermedikleri, seçtikleri cevabın neden doğru olduğunu bilip bilmedikleri ya da cevaplarından emin olup olmadıkları belirlenir. Böylece eğer bir soruda öğrencilerin çoğu emin olmadan cevap verdiklerini söylemişlerse soruda yapısal ve terminolojiye dayalı problemlerin olduğu anlaşılır. Bunun yanı sıra, pilot uygulamada öğrencilerden gelen dönütlere öğrencilerin soyut sembollerini anlayıp anlamadıkları açığa çıkarılabilir ve bu durumda onların sorulan soruları ne kadar doğru yorumlayabilecekleri de anlaşılabilir olur. Bu dönütlere dayanarak iyileştirilen sorularla gerçekleştirilecek çalışma sonunda daha iyi sonuçların alınması sağlanır (DeBoer vd. 2008, 27).

Yöntem

Araştırma Deseni

Bu çalışmada kesitsel anket araştırması (*cross-sectional survey research*) yöntemi (Fraenkel ve Wallen, 2003, 397) kullanılmış ve araştırmanın örneklemini 6-11. sınıflarda okuyan ilköğretim ikinci kademe ve ortaöğretim öğrencileri oluşturmuştur.

Örneklem

Katılımcıların seçiminde uygun örnekleme yöntemi kullanılmıştır. (Fraenkel ve Wallen, 2003, 103). Geliştirilen iki aşamalı soruların pilot uygulaması 2007-2008 öğretim yılının ikinci döneminde bir ilköğretim okulu ile lise düzeyinde öğrencilerin bulunduğu dersane öğrencilerinden oluşan toplam 178 katılımcı ile yapılmıştır. Örneklemdeki 178 öğrencinin 128 tanesi ilköğretim 6., 7., 8. sınıf, 50 tanesi de ortaöğretim 9., 10., 11. sınıf öğrencilerden oluşmaktadır. Katılımcıların 78'i kız, 99'u erkek öğrencidir (bir öğrenci cinsiyet sorusuna yanıt vermemiştir).

İki Aşamalı Soruların Geliştirilmesi

Fen bilimleri eğitimi alanında iki aşamalı testler ilk olarak Treagust (1988) tarafından geliştirilmiş ve Treagust'un önerdiği metodoloji birçok araştırmacı tarafından benimsenmiştir. İki aşamalı sorular, öğrencilerde bulunan kavram yanlışlarının öğretim tarafından kolaylıkla tespit edilerek ele alınmasına olanak sağlayan alternatif bir ölçme ve değerlendirme yöntemidir.

Bu çalışma, EK'te verilen iki aşamalı 15 sorunun geliştirilmesi sürecini kapsamaktadır. Soruların ilk aşaması çoktan seçmeli şeklindedir. Yani ilk aşama bir soru ve bu sorunun olası cevaplarını içeren seçeneklerden oluşmaktadır. Bu seçeneklerden bir tanesi sorunun bilimsel olarak kabul edilen doğru cevabıdır. Diğer seçenekler ise soruyla ilgili olası kavram yanlışlarını ve alternatif düşünme biçimlerini içeren ifadelerden oluşmaktadır. Soruların ikinci aşaması ise ilk aşamadaki her seçeneğin muhte-

mel nedenlerini içermektedir. Yani öğrenci birinci aşamada sorunun doğru cevabı olarak düşündüğü seçeneği tercih etme nedenini ikinci aşamada seçmek zorundadır.

On soru araştırmacı tarafından ontolojik kuram ve kuramın kavram yanlışları ile ilişkisi temel alınarak geliştirilmiştir. Beş soru ise Othman, Treagust ve Chandrasegaran (2007)'ın geliştirdiği testten uyarlanmıştır. Bu sorular İngilizce orijinalinden Türkçe'ye çevrilmiştir. Geçerlilik çalışması için sorular geri çevirme (back translation) yöntemiyle tekrar Türkçe'den İngilizce'ye çevrilmiştir. Bu çeviriler ileri düzeyde İngilizce bilen kimya öğretmenleri tarafından yapılmıştır. Orijinal İngilizce ve çeviri İngilizce metin karşılaştırılmış ve farklı olan bölümler görüş birliğiyle düzeltilmiştir.

Ontoloji temeline dayanan soruların geliştirilmesi için önce yurt içi ve yurt dışında yapılan araştırmalarda maddenin tanecikli yapısıyla ilgili bulunan kavram yanlışları incelenmiştir. Sorular bu kavram yanlışları ve bunlardan yola çıkarak oluşabilecek başka kavram yanlışlarını açığa çıkarabilecek şekilde düzenlenmiştir. Soruların geliştirilmesinde ontolojik kategoriler esas alınmıştır. Her bir soruda belirlenen kavram, belli bir ontolojik kategoriye aittir. Soruların birinci aşamasında cevap seçenekleri bulunmaktadır. Soruların cevap seçenekleri farklı ontolojik kategorilere aittir. Bu ontolojik kategoriler öğrencilerin soruda belirlenen kavramı yanlış olarak atama olasılıkları yüksek olan kategorilerdir. Öğrenciler eğer soruda belirtilen kavramı olması gereken kategoriye atarlarsa o soruyla ilgili kavram yanlışları bulunmamaktadır. Ancak kavramı olması gereken dışında farklı bir ontolojik kategoriye atarlarsa o zaman öğrencide bir kavram yanlışlığı bulunmuş olacaktır. Soruların ikinci aşaması ise ilk bölümdeki cevap seçeneklerinin olası nedenlerinin yer aldığı kısımdır. Öğrenci bu aşamada ilk aşamada seçtiği cevap seçeneğinin nedenini belirlemek zorundadır. Öğrencinin belirlediği neden ayrıca kavram yanlışlığının hangi ontolojik nedenden kaynaklandığını da açığa çıkarmaktadır.

Sorular ontoloji kategorilerine göre yazıldıktan sonra uzman görüşü alınmıştır. Görüşü alınan uzmanlar kimya ve kimya eğitimi alanında akademik araştırmalar yapmış öğretim üyeleri ve deneyimli kimya öğretmenleridir. Analiz ve Bulgular bölümünde soruların ontolojik temeli ve uzman görüşü doğrultusunda yapılan düzeltmeler açıklanmıştır. Sorular, uzman görüşü doğrultusunda iyileştirildikten sonra uygulamaya geçilmiştir.

Uygulama

Öğrencilerin geliştirilen ve uzman görüşüyle iyileştirilen sorularla ilgili düşüncelerini öğrenmek amacıyla her bir soruyla ilgili 14 tane dönüt sorusu sorulmuştur. (Örneğin, "Sorunun şıklarında karışıklığa neden olan bir şey var mı? Açıklar mısın.", "A seçeneği doğru mu? Neden doğru veya neden doğru değil? Açıklar mısın.", "Başka cevap seçenekleri olmalı mı?", vb.). Bu sorular DeBoer ve ark. (2008)'nin dönüt sorularından uyarlanmıştır. Uygulamada sorular üç gruba bölünmüştür. Her bir sorunun 14 tane dönüt sorusuyla birlikte verildiği düşünüldüğünde, üç soru grubu oluşturma nedeni soruların tamamının uygulamada çok fazla yanıt zamanı gerektirecek olması, bunun öğrencilerin sıkılmasına neden olarak öğrencilerin tüm soruları aynı dikkat ve özenle yanıtlamama ihtimalinin yüksek olacağına düşünülmesidir. Her soru grubunun 6-11. sınıf öğrencileri tarafından cevaplanmasının sağlanmasına dikkat edilmiştir. Örneğin bir soru grubunun sadece ilköğretim ikinci kademe, diğer soru grubunun sadece ortaöğretim öğrencileri tarafından yanıtlanmaması için gerekli önlemler alınmıştır. Yanıtlama süresi olarak öğrencilere iki ders saati (80 dakika) verilmiştir.

Analiz ve Bulgular

Ontolojiye dayalı İki Aşamalı Soruların Uzman Görüşleri ve Öğrenci Dönütleri Doğrultusunda İyileştirilmesi

Pilot uygulamada soruların her bir seçeneğinin ve ikili bir kombinasyon olan (doğru seçenek-nedeni) bilimsel doğru cevabın toplam örnekleme seçilme yüzdesi hesaplanmıştır. Uygulama sonrasında öğrencilerden gelen cevaplar ve geri dönütler

incelenmiş ve ilgili sorularda yapılan değişiklikler ve yeniden düzenlemeler burada açıklanmıştır.

Birinci soru (Soru 1) öğrencilerin atomların canlılık özelliği hakkında ne düşündüklerini araştırmak amacıyla yazılmıştır (Şekil 2). Ontolojiye göre *madde* kategorisinin alt kategorilerinden ikisi '*canlılar*' ve '*cansızlar*' kategorileridir. Atomlar '*cansızlar*' alt kategorisine aittirler. Eğer öğrenci C seçeneğini seçerse sorunun birinci aşamasını doğru cevaplamış olacaktır. Ancak A, B ya da D seçeneğini seçerse atomu '*canlılar*' kategorisine almış olacağı için bu konudaki kavram yanlışlığı belirlenmiş olacaktır. Yani atomu '*cansızlar*' kategorisi yerine '*canlılar*' kategorisine alarak yanlış kategorize etmeden dolayı kavram yanlışlığı oluşacaktır.

Şekil 2. Birinci sorunun pilot uygulamadaki şekli ve cevap yüzdeleri

1) Yeşil yapraklar (kopartılmamış olanlar) canlı hücrelerden oluşmakta, bu hücreler de atomlar içermektedir. Demir elementi de demir atomlarından oluşur. Buna göre;

- (%46.7) (A). Yapraktaki atomlar canlıdır.
(%11.7) (B). Demirdeki atomlar canlıdır.
(%16.7) (C). Yapraktaki ve demirdeki atomlar cansızdır.*
(%21.7) (D). Yapraktaki ve demirdeki atomlar canlıdır.
(%3.3) Yanıt yok.

Nedeni:

- (%50.0) 1. Yaprak canlı olduğu için atomları da canlıdır.
(%13.3) 2. Demirdeki atomlar hareketli oldukları için canlıdır.
(%11.7) 3. Atomlar canlılık özelliğine sahip değildir.*
(%8.3) 4. Hangi tür atom olursa olsun bütün atomlar canlıdır.
(%3.3) 5. Bazı atomlar canlı bazıları canlı değildir.
(%1.7) 6. Hiçbiri. Bana göre sebep:
(%11.7) Yanıt yok.
Doğru Cevap: C3 (%11.7)

(N=60). * Doğru cevap

Sorunun ikinci aşamasında, yani nedenlerin bulunduğu aşamada öğrenci 3. nedeni seçerse C seçeneğinin açıklamasını doğru seçmiş olacaktır. Ancak diğer nedenler atomların canlı olduğunu vurguladığından öğrenci bunlardan birini seçtiğinde kavram yanlışlığının nedeni de belirlenmiş olacaktır.

Birinci soru için uzman görüşü alındıktan sonra sorunun ilk halindeki, 'yeşil yapraklar (kopartılmamış olanlar) canlı hücrelerden oluşmakta, bu hücreler de atomlardan oluşmaktadır' cümlesindeki atomlardan oluşmaktadır kısmı değiştirilerek atomlar içermektedir şeklinde değiştirilmiştir. Soruda yapılan bir başka değişiklik ise 5 tane olan neden seçeneğinin 6'ya çıkarılmasıdır. Nedenler kısmına bazı atomlar canlı bazıları canlı değildir şeklinde bir seçenek eklenmiştir. Bu seçenek 1., 2. ve 3. nedenleri içine aldığı için alternatif bir cevap olacağı düşünülmüştür.

Pilot uygulamada 6. sınıf öğrencilerinden biri 1. sorunun nedenler kısmı için "cevaplar birbirine yakın anlamda olduğu için biraz karıştırdım," 8. sınıftan bir öğrenci "şıkların sonunda hep canlıdır dediği için karıştırdım," 11. sınıf öğrencilerinden biri "nedenler birbirlerine çok yakın bu yüzden karışıklık olabilir" şeklinde yorumlar yap-

mışlardır. Öğrencilerin yaptığı bu yorumlar üzerine 5. neden (Bazı atomlar canlı bazıları canlı değildir) sorudan çıkartılmıştır çünkü bu neden 1., 2. ve 3. nedeni içine almaktadır. Genel bir ifade olduğu ve bu nedenle karışıklık yapabileceği düşüncesiyle 5. neden sorudan çıkartılmıştır.

Pilot uygulamada öğrencilerin verdikleri cevap yüzdeleri incelendiğinde birinci aşamada öğrencilerin %46.7'si "yapraktaki atomlar canlıdır", ikinci aşamada ise öğrencilerin %50'si "yaprak canlı olduğu için atomları da canlıdır" seçeneklerini seçmişlerdir. Bu yüzdeler öğrencilerin büyük bir kısmının yaprak canlı olduğu için atomlarının da canlı olduğu şeklinde kavram yanlışlığına sahip olduklarını göstermektedir. Sorunun her iki aşaması öğrencilerin sadece %11.7'si tarafından doğru cevaplanmıştır.

İkinci soru (Soru 2) altın atomlarının özellikleriyle ilgilidir (Şekil 3). Bu soru öğrencilerin altına ait özellikleri atomlarına aktarıp aktarmadıklarını anlamak amacıyla sorulmuştur. Bu sorunun ontolojiye göre yazılış amacı şöyledir: Altın maddesi makroskopik madde kategorisinde bulunmaktadır. Ancak altın atomları mikroskopik tanecik kategorisinde bulunur. Eğer öğrenci makroskopik madde kategorisinde bulunan altının özelliklerini mikroskopik tanecik kategorisindeki altın atomlarına aktarırsa ontolojik bir kavram yanlışlığına sahip olacaklardır. Sorunun doğru cevabı D seçeneğidir. Bu seçenek atomun doğru olan bir özelliğini açıklamaktadır. Ancak diğer seçenekler altının özelliğini örneğin parlak ve sert oluşunu atomlarına aktararak atomların da parlak ve sert olduğunu belirtmektedir. Eğer öğrenciler A, B, C ya da E seçeneklerinden birini seçerlerse kavram yanlışlığına sahip olacaklardır. Nedenler kısmında da yine aynı şekilde 1. ve 2. neden altına ait özelliklerin atomlarında da bulunduğunu belirtmektedir. Eğer öğrenci neden olarak bunlardan birini seçerse yanlışlığın ontolojik nedeni belirlenecektir. Ancak 3. nedeni seçtiğinde soruyu doğru cevaplamış olacaktır.

İkinci soru bu şekilde yazıldıktan sonra uzman görüşü alınmış ve uzman görüşünden sonra 3. nedendeki 'atomun hacmi futbol sahası kadar düşünülürse çekirdeğin hacmi bu sahadaki sinek kadardır' ifadesindeki sinek kelimesi top olarak değiştirilmiştir. Pilot uygulamada 2. soruyla ilgili öğrencilerden gelen yorumlara göre sorunun anlaşılmasında ya da buna benzer bir durum olmadığı için bu soruda pilot uygulama sonrasında bir değişiklik yapılmamıştır.

Şekil 3. İkinci sorunun pilot uygulamadaki şekli ve cevap yüzdeleri

2) Altın <u>atomlarının</u> özellikleriyle ilgili aşağıdaki ifadelerden hangileri doğrudur?		
I. Altın atomları parlak ve serttir.		
II. Altın ısıtılırsa atomları da ısınır.		
III. Altına şekil verildiğinde atomları da aynı şekli alır.		
IV. Altın atomlarının büyük kısmı boşluktur.		
(%16.7) A) Yalnız I	(%13.3) B) Yalnız II	(%20.0) C) Yalnız III
(%1.7) D) Yalnız IV*	(%48.3) E) I, II ve III	
Nedeni:		
(%18.3)	1. Altına ait her özellik atomlarında da bulunur.	
(%40.0)	2. Altına dışarıdan yapılan her değişiklik atomlarına da aynı şekilde etkiler.	
(%10.0)	3. Atomun hacmi ile çekirdeğinin hacmi düşünüldüğünde çekirdeğin hacmi atomun hacmine göre çok küçüktür (Atomun hacmi futbol sahası kadar düşünülürse çekirdeğin hacmi bu sahadaki top kadardır). Bu nedenle atomun geri kalan kısmı boşluktur.*	
(%6.7)	4. Hiçbiri. Bana göre sebep:	
Doğru Cevap: D3 (%1.7)		

(N=60). * Doğru cevap

Pilot uygulamada öğrencilerin cevapları incelendiğinde en fazla seçilme yüzdesi E seçeneğine aittir (%48.3). Bu seçenek öğrencilerin altın atomlarının parlak ve sert olduklarını, altın ısıtılırsa atomlarının da ısınacağını, ayrıca altına şekil verildiğinde atomlarının da aynı şekli alacağını düşündüklerini göstermektedir. Yani öğrenciler altın atomlarını da aynı altın gibi düşündükleri için bu kavram yanlışlarına sahip oldukları anlaşılmaktadır. Bu durum aynı zamanda öğrencilerin makroskopik ve alt-mikroskopik gösterim arasında doğru ilişkiyi kuramadıklarını göstermektedir. Sorunun doğru cevabı ve neden seçeneği öğrencilerin sadece %1.7'si tarafından seçilmiştir. Bu yüzde öğrencilerin çok büyük bir kısmının bu konuda önemli bir yanlışlığı içerisinde olduğunu göstermektedir.

Üçüncü soru (Soru 3) şekerin suda çözünmesiyle ilgilidir (Şekil 4). Bu soruda öğrencilerin şekerin suda çözünmesi olayını fiziksel mi yoksa kimyasal olay olarak mı düşündüklerini açığa çıkarmak amacıyla sorulmuştur. Ontolojik kategoriler kuramına göre 'süreç' kategorisinin alt kategorilerinden ikisi 'fiziksel olay' ve 'kimyasal olay' kategorileridir.

Şekerin suda çözünmesi 'fiziksel olay' kategorisinde bulunmaktadır. Eğer öğrenciler B seçeneğini seçerlerse soruya doğru cevap vermiş olacaktırlar. Ancak A seçeneğini seçerlerse şekerin suda çözünmesini 'kimyasal olay' kategorisine almış olacaktıkları için kavram yanlışlığı belirlenmiş olacaktır. Yani 'fiziksel olay' kategorisinde bulunan bir kavramı 'kimyasal olay' kategorisine alarak yanlış kategorize etmeden dolayı kavram yanlışlığı oluşacaktır.

Şekil 4. Üçüncü sorunun pilot uygulamadaki şekli ve cevap yüzdeleri

3) Şeker suya atılınca suyla kimyasal bir tepkimeye girer.	
(%61.7) (A) Doğru	(%33.3) (B) Yanlış
(%3.3) Yanıt yok	
Nedeni:	
(%25.0)	1. Şeker suda çözününce yeni bir madde oluşur.
(%31.7)	2. Şeker suda erir.
(%10.0)	3. Şeker suda çözününce suya dönüşür.
(%11.7)	4. Şeker suda çözününce şeker taneciklerinin etrafını su molekülleri sarar.*
(%3.3)	5. Hiçbiri. Bana göre sebep:
Doğru Cevap: B4 (%5.0)	

(N=60). * Doğru cevap

Üçüncü soru bu şekilde yazılıp uzman görüşü alınmış ve uzman görüşü alındıktan sonra 'şeker suda çözününce suyla kimyasal bir tepkimeye girer' cümlesindeki suda çözününce ifadesi suya atılınca şeklinde değiştirilerek cümle 'şeker suya atılınca suyla kimyasal bir tepkimeye girer' şekline getirilmiştir. Burada amaç zaten öğrencinin şekerin suya atılınca çözüneceği düşüncesine sahip olup olmadığını ve bunun fiziksel bir olay olup olmadığını düşünmesidir. Eğer soruda çözünme ifadesi olursa ipucu vereceği için, soruda böyle bir değişiklik yapılmıştır.

Pilot uygulamada bu soru için 11. sınıflardan bir öğrenci "suyun sıcaklığı ve miktarı belli olmalıdır; şekerin çözünmesi suyun sıcaklığına bağlıdır" şeklinde bir açıklama yapmıştır. Öğrencinin bu açıklaması nedeniyle sorudaki şeker suya atılınca suyla kimyasal bir tepkimeye girer ifadesi bir çay kaşığı şeker oda sıcaklığındaki bir su bardağı suya atılınca şeker suyla kimyasal bir tepkimeye girer şeklinde değiştirilmiştir. Yine aynı öğrenci "şeker suda çözününce şekerli su, yani yeni bir madde oluşur" demiştir. Burada öğrenci şekerli suyu yeni bir madde olarak düşünmüştür. Halbuki soruda yeni maddeden kasıt yeni bir bileşiktir. Bu nedenle 1. neden şeker suda çözününce yeni bir bileşik oluşur şeklinde değiştirilmiştir. Ayrıca öğrencilerden, "soruda resim olursa daha iyi anlaşılacağı" şeklinde yorumların gelmesi nedeniyle soruyu açıklayan bir resim eklenmiştir.

Pilot uygulamadaki cevap yüzdeleri incelendiğinde öğrencilerin %61.7'si şekerin suyla kimyasal bir tepkimeye gireceğini, çünkü bu tepkime sonucunda yeni bir maddenin oluşacağını (%25.0) düşünmektedirler. Öğrencilerin %31.7'si ise şekerin suda eriyeceğini düşünmektedir. Bu cevaplar öğrencilerin şekerin suda çözünmesiyle ilgili kavram yanlışlarının çözünmeyi erime ya da kimyasal bir reaksiyon olarak düşüncülerinden dolayı kaynaklandığını göstermektedir. Öğrencilerin yalnızca %5.0'i sorunun her iki aşamasını doğru cevaplamıştır.

Sekizinci soru (Soru 8) alkol ve şekeri oluşturan taneciklerin ne oldukları ile ilgilidir (Şekil 5). Bu soruda öğrencilerin tanecik kelimesinden ne anladıkları, şeker ve alkol tanecikleri hakkındaki düşünceleri araştırılmıştır. Ontolojik kategoriler kuramına göre şeker ve alkol makroskopik madde kategorisinde yer alırken şeker ve alkol molekülleri mikroskopik tanecik kategorisinde bulunmaktadır. Öğrenciler eğer şeker ve alkol moleküllerine gözle görülebilme gibi özellikler yüklerlerse mikroskopik tanecik grubunda bulunan şeker ve alkol moleküllerini makroskopik madde katego-

risine aktarmış olacaklarından kavram yanılıgına sahip olacaklardır.

Sekizinci soru bu ontolojik düşünceyle yazıldıktan sonra uzman görüşü alınmış ve soruda bazı değişiklikler yapılmıştır. Örneğin soruda şekerden bahsedilmiş, ancak ne tür şeker olduğu belirtilmemiştir. Uzmanlardan gelen öneriyle alkolü oluşturan en küçük tanecik alkol damlası, şekeri oluşturan en küçük tanecik ise şeker kristalidir cümlesindeki şeker kelimesi toz şeker olarak değiştirilmiştir.

Sekizinci sorudaki 1. neden pilot uygulamadan sonra değiştirilmiştir, çünkü birinci nedendeği "alkolü oluşturan en küçük tanecik alkol molekülü, şekeri oluşturan en küçük tanecik şeker molekülüdür" ifadesi öğrenciler tarafından yanlış anlaşılmıştır. Örneğin 7. sınıftan bir öğrenci bu nedeni yanlış olarak kabul etmiş ve gerekçe olarak "maddenin en küçük yapı taşı atomdur" yorumunu göstermiştir. Bu nedenle 1. neden "alkol, alkol moleküllerinden, şeker ise şeker moleküllerinden oluşur" şeklinde değiştirilmiştir. Ardından neden cümlelerinin birbirleriyle yerleri değiştirilmiştir.

Şekil 5. Sekizinci sorunun pilot uygulamadaki şekli ve cevap yüzdeleri

8) Alkolü oluşturan en küçük tanecik alkol damlası, toz şekeri oluşturan en küçük tanecik ise şeker kristalidir. I. Altın atomları parlak ve serttir.	
(%41.7) (A) Doğru	(%28.3) (B) Yanlış*
(%28.3) Yanıt yok	
Nedeni:	
(%40.0)	1. Alkolü oluşturan en küçük tanecik alkol molekülü, şekeri oluşturan en küçük tanecik şeker molekülüdür.*
(%8.3)	2. Şeker ve alkolün tanecikleri birbirlerinin aynısıdır.
(%10.0)	3. Şeker ve alkolün en küçük tanecikleri onların gözle görülebilen en küçük parçalarıdır
(%5.0)	4. Hiçbiri. Bana göre sebep:
Doğru Cevap: B1 (%13.3)	

(N=60). * Doğru cevap

Pilot uygulamada öğrencilerin %41.7'si alkolün en küçük taneciğinin alkol damlası şekerin en küçük taneciğinin şeker kristali oluşunu düşünmektedir. Bu seçeneğin seçilmesi öğrencilerin büyük çoğunluğunun tanecik kelimesinde sorun yaşadıklarını ve tanecikle ilgili yanılıgının olduğunu göstermektedir. Sorunun her iki aşaması öğrencilerin %13.3'ü tarafından doğru olarak cevaplanmıştır.

Dokuzuncu soru (Soru 9) donma sırasında H₂O moleküllerinin yapısında bir değişimin olup olmayacağı ile ilgilidir (Şekil 6). Donma olayı sırasında moleküllerde bir değişiklik olmaz. Donma maddenin katı halden sıvı hale geçmesidir. Bu suya ait bir özelliktir. Aynı şekilde su donarken hacmi artan bir maddedir. Ancak bu hacim artışı moleküllerinin hacminin artmasından dolayı değil, suyun katı halinde moleküllerinin dizilişinin sıvı halindekiinden daha farklı olmasındandır. Bu makroskopik madde kategorisindeki suya ait bir özelliktir. Eğer öğrenciler mikroskopik tanecik kategorisinde bulunan H₂O moleküllerini su gibi düşünp makroskopik madde kategorisine alırlarsa kavram yanılıgına sahip olurlar.

Ontolojik açıklaması yukarıdaki gibi olan 9. soru yazıldıktan sonra uzman görüşü alınmış ve soruda bazı değişiklikler yapılmıştır. Uzmanlardan biri seçenekler

arasında küçülür ifadesi varsa büyür ifadesi de olmalıdır yorumunu yapmıştır. Bu nedenle seçeneklere büyür ifadesi de eklenmiş, cevap seçeneklerinde değişiklikler yapılmış ve dört tane olan cevap seçeneği beşe çıkartılmıştır. Cevap seçenekleri değiştirildiği için sorunun nedenleri de cevap seçeneklerine göre yeniden düzenlenmiştir. Soruda uzmanlardan gelen uyarıya göre yapılan diğer bir değişiklik ise nedenlerde bulunan seçeneklerin sıralarının değiştirilmesidir. Çünkü sorunun ilk halinde A seçeneğine 1. neden B seçeneğine 2. neden, C seçeneğine 3. neden ve D seçeneğine 4. neden denk gelmiştir. Bu nedenle seçeneklerin sıraları değiştirilmiştir.

Şekil 6. Dokuzuncu sorunun pilot uygulamadaki şekli ve cevap yüzdeleri

9) Bir miktar su buzdolabında bir süre bekletildiğinde donar ve buz haline gelir. Bu olay sırasında su molekülleri.....				
I. Soğur	II. Donar	III. Küçülür	IV. Büyür	V. Değişmez
(%10.0) A) Yalnız I	(%8.3) B) Yalnız IV	(%3.3) C) Yalnız V*		
(%25.0) D) II ve III	(%23.3) E) I,II ve II	(%30.0) Yanıt yok		
Nedeni:				
(%15.0)	1. Donma sırasında sıcaklık azaldığı için moleküller soğur. Moleküllerde başka değişme olmaz			
(%3.3)	2. Donma olayı moleküllerde bir değişikliğe neden olmaz.*			
(%18.3)	3. Donma sırasında sıcaklık azaldığı için moleküllerin de sıcaklığı azalır böylece moleküller donar ve hacimleri azalır .			
(%8.3)	4. Donma sırasında su moleküllerinin sıcaklığı değişmez ama su molekülleri donar ve böylece hacimleri azalır.			
(%8.3)	5. Su donarken hacmi artan bir madde olduğu için moleküller büyür.			
(%5.0)	6. Hiçbiri. Bana göre sebep:			
Doğru Cevap: C2 (%1.7)				

(N=60). * Doğru cevap

Pilot uygulamada 9. sorunun cevap seçeneklerinde bazı değişiklikler yapılmıştır. Bunun nedeni öğrencilere 9. soru ile ilgili sorulan "soruda başka cevap seçenekleri olmalı mı?" sorusuna verdikleri yanıtlardır. Örneğin 11. sınıf öğrencilerinden biri E seçeneği için "Cevap I ve II olmalı çünkü soğur, donar ama küçülmez" demiştir. Onuncu sınıftan başka bir öğrenci ise "Deney yaptık cevap I, II ve IV olmalıdır" demiştir. Dokuzuncu sınıftan bir öğrenci ise cevabın II ve IV olması gerektiğini belirtmiştir. Öğrencilerden gelen bu farklı seçenek olasılıkları sorunun cevap seçeneklerinin yeniden düzenlenmesine neden olmuştur.

Pilot uygulamada öğrencilerin %25.0'i su moleküllerinin donup küçüleceği, %23.3'ü ise moleküllerin soğuyup, donup, küçüleceği şeklinde kavram yanlışına sahip oldukları görülmektedir. Bunun nedeninin öğrencilerin %18.3'ünün seçtiği "donma sırasında sıcaklık azaldığı için moleküllerin de sıcaklığı azalır, böylece moleküller donar ve hacimleri azalır" yorumunun olduğu söylenebilir. Sorunun her iki aşaması öğrencilerin sadece %1.7'si tarafından doğru cevaplanmıştır.

Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, maddenin tanecikli yapısıyla ilgili kavramsal öğrenmeyi değerlendirmek ve olası kavram yanlışlarını açığa çıkarmak için kullanılacak iki aşamalı tanılayıcı sorulara uzman görüşü ve öğrenci dönütlerine bağlı olarak hangi değişikliklerin yapıldığı açıklanmıştır. Bu değişiklikler ileride bu sorularla yapılacak olan araştırma sonuçlarının daha geçerli olmasını sağlayacaktır. Örneğin yapılan bu değişiklikler ve geçerlilik çalışmasıyla düzeltilen soruların kullanılacağı bir çalışmada 3. sorunun 1. nedenini seçen öğrenci yüzdesinde düşme olması beklenmektedir. Benzer olarak 1. sorunun daha anlaşılır hale getirilmesiyle öğrenciler sorunun anlamına daha fazla konsantre olacak ve soruyu doğru cevaplayan öğrenci yüzdesi artacaktır. Örneğin bu sorularla Kahveci ve Özalp (2009) tarafından yapılan çalışmada 1. sorunun doğru cevaplanma yüzdesinde önemli derecede artış olmuştur. Bu çalışmada 1. sorunun her iki aşamasının doğru cevaplanma yüzdesi %11.7 iken, Kahveci ve Özalp (2009)'ün çalışmasında 7.sınıf öğrencilerinin %16.4'ünün, 8. sınıf öğrencilerinin %20.0'sinin, 9. sınıf öğrencilerinin %32.7'sinin, 10. sınıf öğrencilerinin %37.6 ve 11. sınıf öğrencilerinin %42.1'inin bu sorunun her iki aşamasına doğru cevap verdiği görülmüştür. Bu nedenle bu ya da buna benzer soruların öğrencilere sorulmadan önce pilot uygulamasının yapılması sonuçlarla ilgili yapılacak çıkarımların geçerliliği açısından çok önemlidir.

Sadler (1998)'e göre alternatif kavramlara dayanılarak hazırlanmış çoktan seçmeli test soruları öğrencilerin kavramsal düşüncelerini ve kavram yanlışlarını açığa çıkarmak için kullanılabilir güvenilir test araçlarıdır. Bu çalışmada amaç bu soruları düşüncelerin nedenlerinin de açıklanmasını gerektiren ikinci aşamayı ekleyerek kuvvetlendirmek ve iyileştirmektir. Ayrıca çalışmada soruların ontolojik kategorilere göre hazırlanmış olması kavram yanlışlarının nedenlerinin anlaşılmasını ve öğretimde gerekli önlemlerin alınmasını da kolaylaştırmaktadır.

Pilot uygulama sonucunda öğrencilerden gelen cevaplar ve yorumlar incelendiğinde, öğrencilerin bazı konularda sanılandan çok farklı düşündükleri ya da sorulmak isteneni bazen çok farklı algıladıkları anlaşılmıştır. Bu anlamda pilot uygulama sorularının hem içerik olarak, hem de şekil açısından geliştirilmesinde çok faydalı olmuştur. Buradan hareketle soruların farklı öğrenci grupları ve alan uzmanlarından alınacak geri bildirimle daha da fazla geliştirilmeye ve farklı bağlamlara uyarlanmaya açık olduğunu belirtmek gerekir.

Öneriler

Maddenin tanecikli yapısıyla ilgili olan bu sorular kimya eğitimi araştırmacıları ve kimya öğretmenleri tarafından ilköğretim ve ortaöğretim öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısıyla ilgili kavram yanlışlarını belirlemek amacıyla kullanılabilir. Öğrencilerin bu konuyu ne kadar bildikleri ölçülebilir. Elde edilen sonuçlara göre okullardaki kimya ve fen ve teknoloji dersi öğretim programları ve ders içeriklerinde gerekli değişimler ve düzenlemeler yapılabilir.

Bu çalışmada pilot uygulama sırasında sorularda önemli değişiklikler yapılmıştır. Bu nedenle bu çalışmaya benzer çalışmalarda pilot uygulamanın mutlaka yapılması büyük önem arz etmektedir. Pilot uygulamada asıl uygulamanın örneğine benzer bir örnekleme çalışmalıdır. Pilot uygulama, ayrıca soruların yanıtlanması için ne kadar süre gerekebileceği hakkında da bir fikir verebilir. Pilot uygulama sırasında öğrencilerin durumları ve tepkileri ölçülmeli ve asıl uygulama bu sonuçlara göre planlanmalıdır.

Öğretmenlerin ders programlarını düzenlemeleri öğretim programları paralelinde olmaktadır. Bu nedenle öncelikle öğretim programları ele alınarak amaca uygun olarak düzenlenmelidir. Örneğin konu içerikleri maddenin tanecikli yapısıyla ilgili kavram yanlışları dikkate alınarak oluşturulabilir. Bu yanlışları belirlemek için çeşitli ölçme ve değerlendirme araçları kullanılabilir. Bu çalışmada geliştirilen iki aşamalı sorular hem maddenin tanecikli yapısıyla ilgili kavram yanlışlarını belirlemede, hem

de bu kavram yanlışlarının nedenlerini açığa çıkarmada etkili olabilir. Açığa çıkarılan kavram yanlışları sayesinde maddenin tanecikli yapısı konusunda üzerinde durulması gereken yerler belirlenebilir. Örneğin hal değişim olayları mikroskopik düzeyde şekiller veya animasyonlar ile açıklanabilir ve bu olaylar sırasında taneciklerde bir değişimin olmadığı üzerinde durulabilir. Öğretim programlarında bu ve buna benzer düzenlemelerle bu konunun öğrenciler tarafından daha iyi öğrenilmesi ve kavram yanlışlarının en az seviyeye inmesi sağlanabilir.

İki aşamalı sorular konuyla ilgili anlamlı öğrenmenin olup olmadığını belirlemede önemli bir ölçme ve değerlendirme aracıdır, çünkü bu sorularda verilen cevabın nedeni de belirtilmek zorundadır. Diğer bir ifadeyle, bu sorularda bilgiler ezbere bilindiğinde değil, ancak nedenleri ile birlikte bilindiğinde doğru kabul edilmektedir. Sorunun hem doğru cevabı hem de nedeni doğru bilinirse, bu, bilginin anlamlı öğrenildiğinin bir işareti sayılabilir. Bu tür sorular ayrıca öğrencinin rastgele cevap verme ihtimalini de azaltmaktadır.

İki aşamalı sorular, Türkiye’de öğrenciler için hayati bir öneme sahip olan orta-öğretim ve yükseköğretime geçiş sınavlarında, geleneksel olarak kullanılan çoktan seçmeli sorulara göre daha belirleyici olabilir. Bu tür sınavlarda iki aşamalı soruların sorulması bilgilerini anlamlı bir biçimde oluşturmuş olan öğrencilerin daha etkili bir şekilde seçilmesine olanak verebilir. Anlamlı öğrenmenin sonucu olarak sınavlarda başarılı olan öğrencilerin takip eden öğrenim dönemlerini de daha başarılı geçirme olasılıklarının yüksek olacağını söylemek mümkündür.

Kaynakça

- BOZ, Yezdan. (2006). *“Turkish pupils’ Conceptions of the Particulate Nature of Matter”*. **Journal of Science Education and Technology**, 15(2), ss. 203-213.
- CHI, Michelene. T.H. (1997). *“Creativity: Shifting Across Ontological Categories Flexibly”*. Ward, T. B., Smith, S. M. & Vaid, J. (Eds.), **Conceptual Structures and Processes: Emergence, Discovery and Change** (ss. 209-234). Washington, D. C: American Psychological Association.
- CHI, Michelene. T. H., & HAUSMANN, Robert. G. M. (2003). *“Do Radical Discoveries Require Ontological Shifts?”* Shavinina, L.V., & Sternberg, R. (Eds.), **International Handbook on Innovation** (ss. 430-444). Elsevier Science, New York.
- CHI, Michelene. T. H., & ROSCOE, Rod. D. (2002). *“The Processes and Challenges of Conceptual Change”*. Limon, M. & Mason, L. (Eds), **Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice** (ss. 3-27). Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- CHI, Michelene. T. H., & SLOTTA, James. D. (1993). *“The Ontological Coherence of Intuitive Physics. Commentary on A. diSessa’s Toward an Epistemology of Physics.”* **Cognition and Instruction**, 10, ss. 249-260.
- CHI, Michelene. T. H., SLOTTA, James. D., & LEEUW, Nicholas. (1994). *“From Things to Process: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts”*. **Learning and Instruction**, 4, ss. 27-43.
- DEBOER, George. E., DUBOIS, Natalie., HERRMANN-ABELL, Cari. F., & LENNON, Kristen. (2008). *“Assessment Linked to Middle School Science Learning Goals: Using Pilot Testing in Item Development”*. **National Association for Research in Science Teaching Conference**, Baltimore, MD.
- FRAENKEL, Jack. R., & WALLEN, Norman E. (2003). **How to Design and Evaluate Research in Education** (5th ed.), McGraw Hill, Boston.
- GRIFFITHS, Alan. K., & PRESTON, Kirk. R. (1992). *“Grade-12 Students’ Misconceptions Relating to Fundamental Characteristics of Atoms and Molecules”*. **Journal of Research in Science Teaching**, 29(6), ss. 611-628.
- JOHNSTON, Adam. T., & SOUTHERLAND, Sherry. A. (2000). *“A Reconsideration of Science Misconceptions Using Ontological Categories”*. **National Association for Research in Science Teaching International Conference**, New Orleans, LA.
- KAHVECİ, Ajda, & ÖZALP, Dilek. (2009). *“Ontology-informed diagnostic assessment of middle and secondary students’ understanding of the particulate nature of matter”*. **National Association for Research in Science Teaching International Conference**, Garden Grove, CA.
- KIND, Vanessa. (2004). **Beyond Apperances: Students’ Misconceptions About Basic Chemical**

- Ideas** (2nd edition), Royal Society of Chemistry, Durham.
- KOKKOTAS, Panagiotis. & VLACHOS, Ioannis, KOULALIDIS, Vasilis. (1998). "Teaching the Topic of the Particulate Nature of Matter in Prospective Teachers Ttraining Courses". **International Journal of Science Education**, 20(3), ss. 291-303.
- LEE, Okhee., EICHINGER, David. C., ANDERSON, Charles. W., BERKHEIMER, Glenn. D., & BLAKESLEE, Theron. D. (1993). "Changing Middle School Students' Conceptions of Matter and Molecules". **Journal of Research in Science Teaching**, 30(3), ss. 249-270.
- MARGEL, Hannah., EYLON, Bat-Sheva., & SCHERZ, Zahava. (2004). "We Actually Saw Atoms With Our Own Eyes". *Conceptions and Convictions in Using the Scanning Tunneling Microscope in Junior High School*. **Journal of Chemical Education**, 81(4), ss. 558-566.
- MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI. (2006). "İlköğretim Fen ve Teknoloji Dersi (6, 7 ve 8. sınıflar) Öğretim Programı". **Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı**, Ankara.
- OTHMANN, Jazilah., TREAGUST, David., & CHANDRASEGARON, A. L. (2007). "An Investigation Into the Relationship Between Student's Conceptions of the Particulate Nature of Matter and Their Understanding of Chemical Bonding". **International Journal of Science Education**, 1, ss. 1-20.
- SADLER, Philip. M. (1998). "Psychometric Models of Student Conceptions in Science: Reconciling Qualitative Studies and Distractor-Driven Assessment Instruments". **Journal of Research in Science Teaching**, 35(3), ss. 265-296.
- STEPANS, Joseph. (2003). **Targeting Students' Science Misconceptions. Physical Science Concepts Using the Conceptual Change Model**, Showboard, Tampa, FL.
- TAN, Şeref. (2005). **Öğretimi Planlama ve Değerlendirme. Öğretim Yöntem ve Teknikleri Ölçme ve Değerlendirme Kps El Kitabı** (7.baskı), PegemA Yayıncılık, İstanbul.
- TREAGUST, David.F. (1988). "Development and Use of Diagnostic Tests to Evaluate Students' Misconceptions in Science". **International Journal of Science Education**, 10(2), ss. 159-169.
- , "Ontoloji", Wikipedia katılmaları (2009). 8 Şubat, 2010.

EK

Aşağıda maddenin tanecikli yapısıyla ilgili 15 soru bulunmaktadır. Soruları dikkatlice okuyunuz. Sorunun doğru olduğunu düşündüğünüz cevap seçeneğini işaretledikten sonra bu cevabı seçmenizin sebebini de sorunun altında numaralarla belirtilen neden cümlelerinden işaretleyiniz.

1) Yeşil yapraklar (kopartılmamış olanlar) canlı hücrelerden oluşmakta, bu hücreler de atomlar içermektedir. Demir elementi de demir atomlarından oluşur. Buna göre;

- (A) Yapraktaki atomlar canlıdır.
- (B) Demirdeki atomlar canlıdır.
- (C) Yapraktaki ve demirdeki atomlar cansızdır
- (D) Yapraktaki ve demirdeki atomlar canlıdır.

Nedeni:

- 1. Demirdeki atomlar hareketli oldukları için canlıdır.
- 2. Atomlar canlılık özelliğine sahip değildir.
- 3. Yaprak canlı olduğu için atomları da canlıdır.
- 4. Hangi tür atom olursa olsun bütün atomlar canlıdır.
- 5. Hiçbiri. Bana göre sebep:

2) Altın atomlarının özellikleriyle ilgili aşağıdaki ifadelerden hangileri doğrudur?

- I. Altın atomları parlak ve serttir.
- II. Altın ısıtılırsa atomları da ısınır.
- III. Altına şekil verildiğinde atomları da aynı şekli alır.
- IV. Altın atomlarının hacimlerinin büyük kısmı boşluktur.

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) Yalnız III

D) Yalnız IV E) I, II ve III

Nedeni:

- 1. Altına dışarıdan yapılan her değişiklik atomlarına da aynı şekilde etkiler.
- 2. Atomun hacmi ile çekirdeğinin hacmi düşünüldüğünde çekirdeğin hacmi atomun hacmine göre çok küçüktür (Atomun hacmi futbol sahası kadar düşünülürse çekirdek eğin hacmi bu sahadaki top kadardır). Bu nedenle atomun geri kalan kısmı boşluktur.
- 3. Altına ait her özellik atomlarında da bulunur.
- 4. Hiçbiri. Bana göre sebep:

3) Bir çay kaşığı şeker oda sıcaklığındaki bir su bardağı suya atılınca şeker suyla kimyasal bir tepkimeye girer.

- (A) Doğru
- (B) Yanlış



Nedeni:

- 1. Şeker suda çözününce yeni bir bileşik oluşur.
- 2. Şeker suda erir.
- 3. Şeker suda çözününce suya dönüşür.
- 4. Şeker suda çözününce şeker taneciklerinin etrafını su molekülleri sarar.
- 5. Hiçbiri. Bana göre sebep:

◆ Dilek Özalp / Ajda Kahveci

- 4) Su molekülleriyle ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?
(A) Su katı haldeyken moleküllerinin boyutu en büyük, sıvı haldeyken en küçüktür.
(B) Su katı haldeyken moleküllerinin boyutu en küçük, gaz haldeyken en büyüktür.
(C) Su katı, sıvı ya da gaz halindeyken molekülleri aynı boyuttadır.
(D) Su sıvı haldeyken moleküllerinin boyutu en büyük, katı haldeyken en küçüktür.

Nedeni:

1. Katıdan sıvıya, sıvıdan gaza doğru molekül hacmi artar.
2. Hal değişimiyle molekül hacmi değişmez.
3. Katıdan sıvıya, sıvıdan gaza doğru molekül hacmi azalır.
4. Hiçbiri. Bana göre sebep:

- 5) Demir katı haldeyken atomları hareket etmez.

(A) Doğru

(B) Yanlış

Nedeni:

1. Katı halde atomlar titreşim hareketi yapar.
2. Katı halde atomlar hareket etmez çünkü atomların aralarında boşluk yoktur.
3. Katı hal maddenin en düzenli hali olduğu için atomlar hareket etmez.
4. Hiçbiri. Bana göre sebep:

- 6) Sıvılar buldukları kabın şeklini alırlar. Bu bilgiye göre:

Su moleküllerinin şekli bulunduğu kaba göre değişir.

(A) Doğru

(B) Yanlış

Nedeni:

1. Su molekülleri katı olduğu için şekli değişmez.
2. Su molekülleri esnektir.
3. Kabın şekli ne olursa olsun moleküllerin şekli değişmez.
4. Su molekülleri su damlaları şeklindedir.
5. Hiçbiri. Bana göre sebep:

- 7) Buz ve su molekülleri için düşünülürse aşağıdaki ifadelerden hangisi doğru olur?

- (A) Buz molekülleri katı, su molekülleri sıvıdır.
(B) Hem buz hem su molekülleri katıdır.
(C) Hem buz hem su molekülleri sıvıdır.
(D) Moleküller sıvı ya da katı halde bulunmazlar.

Nedeni:

1. Maddenin katı ya da sıvı olması, molekülleri arasındaki etkileşimlerle ilgilidir.
2. Moleküller her zaman sıvı halde bulunur.
3. Buz katı olduğu için molekülleri katı, su sıvı olduğu için molekülleri sıvıdır.
4. Moleküller her zaman katı halde bulunur.
5. Hiçbiri. Bana göre sebep:

8) Alkolü oluşturan en küçük tanecik alkol damlası, toz şekeri oluşturan en küçük tanecik ise şeker kristalidir.

(A) Doğru

(B) Yanlış

Nedeni:

1. Şeker ve alkolün tanecikleri birbirlerinin aynıdır.
2. Alkol, alkol moleküllerinden; şeker ise şeker moleküllerinden oluşur.
3. Şeker ve alkolün en küçük tanecikleri onların gözle görülebilen en küçük parçalarıdır.
4. Hiçbiri. Bana göre sebep:

9) Bir miktar su buzdolabında bir süre bekletildiğinde donar ve buz haline gelir. Bu olay sırasında su molekülleri.....

I. Soğur

II. Donar

III. Küçülür

IV. Büyür

V. Değişmez

(A) Yalnız IV

(B) Yalnız V

(C) I ve II

(D) I, II ve III

(E) I, II ve IV

Nedeni:

- 1) Donma sırasında sıcaklık azaldığı için moleküllerin de sıcaklığı azalır böylece moleküller donar.
- 2) Donma sırasında sıcaklık azaldığı için moleküllerin de sıcaklığı azalır böylece moleküller donar ve hacimleri azalır.
- 3) Donma olayı moleküllerde bir değişikliğe neden olmaz.
- 4) Donma sırasında sıcaklık azaldığı için moleküllerin de sıcaklığı azalır böylece moleküller donar ve hacimleri artar.
- 5) Su donarken hacmi artan bir madde olduğu için moleküller büyür.
- 6) Hiçbiri. Bana göre sebep:

10) Bir demir parçası ısı verilerek eritildiğinde demir atomları.....

I. Isınır

II. Erir

III. Büyür

IV. Değişmez

V. Küçülür

(A) Yalnız IV

(B) Yalnız V

(C) I ve II

(D) II ve III

(E) I, II ve III

Nedeni:

1. Erime sırasında hacim azaldığı için demir atomları küçülür.
2. Erime sırasında demir ısı aldığı için atomları da ısınır böylece atomlar erir ve hacimleri artar.
3. Erime atomlarda bir değişikliğe neden olmaz.
4. Erime sırasında atomların sıcaklığı değişmez ama atomlar erir ve böylece atomların hacmi artar.
5. Erime sırasında sıcaklık arttığı için atomlar ısınır ve erir. Başka değişiklik olmaz.
6. Hiçbiri. Bana göre sebep:

11) Bir beher (ısıya dayanıklı cam kap) dolusu saf suyun 30 dakikadır kaynamakta olduğunu farz edin. Kaynamakta olan suyun içindeki baloncukların içeriği nedir?

(A) Hava

(B) Oksijen gazı ve hidrojen gazı

◆ Dilek Özalp / Ajda Kahveci

- (C) Oksijen gazı
(D) Su buharı (gaz halindeki su)
(E) Isı

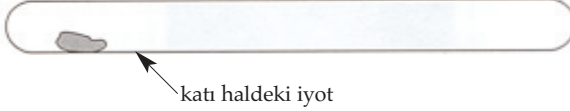


Nedeni:

1. Su moleküllerindeki hidrojen ve oksijen atomları gaz haline geçmek için bir birinden ayrılır.
2. Isı enerjisi su tarafından absorbe edilir (emilir) ve baloncuklar şeklinde serbest kalır.
3. Isı, taneciklere daha çok enerji verir ve tanecikler onları tutan çekim kuvvetlerini yenerek ayrılır. Tanecikler birbirinden ayrılırken, tanecikler arasındaki hava baloncukları şeklinde serbest kalır.
4. Su molekülleri arasındaki çekim kuvvetleri yenilir ve su molekülleri sıvıdan ayrılarak buhar oluşturur.
5. Su içindeki çözülmüş oksijen hava baloncukları şeklinde dışarı çıkar.

12) **Bilgi:** İyot, sembolü I, atom numarası 53 olan ve periyodik tablonun VII A grubunda bulunan bir elementtir. Oda sıcaklığında koyu gri-koyu mor bir katı olarak bulunur.

Bir deney tüpünün içine 1.0 gram katı halde bulunan iyot örneği konuluyor ve deney tüpünün içindeki hava tamamen boşaltıldıktan sonra tüpün ağzı sıkıca kapatılıyor. Tüp ve içindeki katı halde bulunan iyodun toplam kütlesi 27.0 gram olarak ölçülüyor.



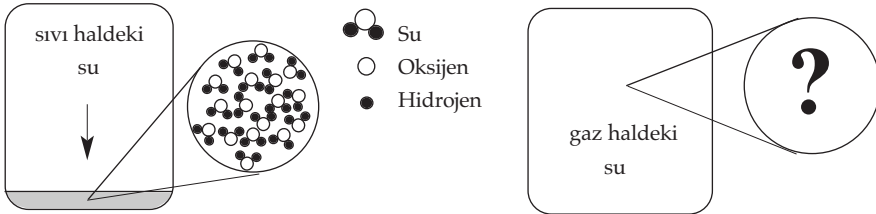
Tüp, içindeki katı halde bulunan iyot tamamen buharlaşana ve tüp tamamen iyot gazı ile dolana kadar ısıtılıyor. Isıtma işleminden sonra tüp tartıldığında kütlesi:

- (A) 27.0 g'dan daha az olur (B) 27.0 g olur (C) 27.0 g'dan daha fazla olur

Nedeni:

1. İyot, gaz haline geçtiğinde tanecikler daha çok yayılır.
2. Gazların ağırlığı katılarından daha azdır.
3. Kütle korunur.
4. İyot gazı havadan daha hafiftir.

13) Soldaki daire, kapalı bir kaptaki sıvı suyun çok küçük bir kesitini büyütülmüş bir şekilde göstermektedir. Su tamamen buharlaştığında büyütülmüş kesitteki görüntü nasıl olacaktır?



- (A) Hava
- (B) Oksijen gazı ve hidrojen gazı
- (C) Oksijen gazı
- (D) Su buharı (gaz halindeki su)
- (E) Isı

Nedeni:

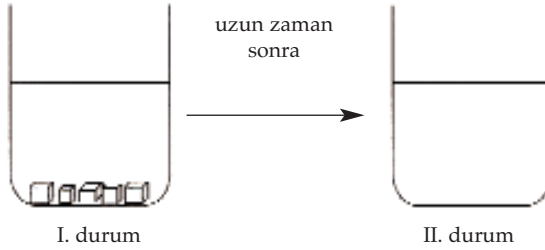
1. Su molekülleri oksijen ve hidrojen atomlarına ayrılmıştır.
2. Su molekülleri havaya karışmıştır.
3. Su molekülleri oksijen ve hidrojen gazına ayrılmıştır.
4. Su molekülleri birbirinden uzaklaşarak yayılmıştır.
5. Su molekülleri, oksijen atomları ve hidrojen atomlarından oluşan bir karışım oluşmuştur.

14) İçinde su bulunan bir behere (ısıya dayanıklı cam kap) birkaç küp şeker konuluyor (I. durum). Şekilde gösterildiği gibi, oda sıcaklığında karışım yeteri kadar uzun bir zaman bekletilirse şeker küpleri görünmez hale gelir ve suyun şekerli bir tadı olur (II. durum).

Bu cümle doğru mudur yanlış mıdır?

(A) Doğru

(B) Yanlış



Nedeni:

1. Şeker molekülleri çevreden ısı alarak erir ve bir sıvı oluşturur. Bu sıvı, su ile karışır.
2. Şeker, su içindeki hava boşluklarına dolar ve bu nedenle 'kaybolur'.
3. Su molekülleri şeker moleküllerini küplerin yüzeylerinden çevreler ve onları kristal örgüden (latisten) uzaklaştırır.
4. Şeker küpleri sadece karıştırıldığı zaman suda çözünür. Karıştırmak, şeker küplerinin daha küçük parçalara ayrılmasına ve böylece su içinde yayılarak görülmeyecek hale gelmesine sebep olur.

15) Bilgi: Kükürt, sembolü S, atom numarası 16 olan ve periyodik tablonun VI A grubunda bulunan bir elementtir. Oda sıcaklığında limon sarısında bir katı olarak bulunur.

Katı haldeki bir kükürt örneği aşağıdaki özelliklere sahiptir

- (I) Kırılgan, (II) Erime noktası 113°C.

Varsa, yukarıdaki özelliklerden hangisi veya hangileri örnekten alınan bir tek kükürt atomu için ayındır?

◆ Dilek Özalp / Ajda Kahveci

- (A) I ve II (B) Yalnız I (C) Yalnız II
(D) Hiçbiri

Nedeni:

1. Kükürt ametaldir bu nedenle kükürt atomu nispeten daha düşük bir sıcaklıkta erir.
2. Bir elementin özellikleri bu elementin tanecikleri arasındaki etkileşimin bir sonucudur.
3. Atom, bir elementin bütün özelliklerini taşıyan en küçük taneciğidir.
4. Bir kükürt atomu, düz bir yüzeye ve keskin kenarlara sahiptir bu nedenle kükürt atomuna bir kuvvet uygulandığında kolayca kırılır.

DEVELOPMENT OF TWO TIER DIAGNOSTIC ITEMS BASED ON ONTOLOGY IN THE TOPIC OF THE PARTICULATE NATURE OF MATTER

Dilek ÖZALP*

Ajda KAHVECİ**

Abstract

The purpose of this study was to develop an instrument assessing student understanding on the particulate nature of matter by utilizing ontological categories as theoretical lens. We particularly focused on: 1) portraying the ontological basis of related misconceptions 2) the way student feedback during pilot testing aided item development, 3) student thinking as revealed through their provided feedback. Aligned with content in the middle school curricula, an assessment instrument of 15 distractor-driven, multiple-choice, two-tier items were constructed. Then, revisions were made to the items according to expert suggestions, ensuring content validity. Subsequent to content validity work, to utilize student feedback for the improvement of the items and the validity of the inferences, we pilot tested our instrument in the second semester of 2007-2008 with 178 students attending a middle school and a private tutoring center in İstanbul. In the pilot test, the students were asked 14 questions about each item. After the pilot testing, most of the items were revised and improved according to the students' feedback. In this article we discuss the development process and exemplify the revisions made according to student feedback and results from the pilot testing.

Key Words: particulate nature of matter, ontology, misconceptions, two tier items

* Teach.Assist., University of South Florida, College of Education, Department of Secondary Education, Science Education Program

** Assoc.Prof.Dr., Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Education, Chemistry Education Division